

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-242985

(43)Date of publication of application : 31.08.1992

(51)Int.Cl. H01S 3/18
// H01L 33/00

(21)Application number : 02-414843

(71)Applicant : TOYODA GOSEI CO LTD
AKASAKI ISAMU
AMANO HIROSHI

(22)Date of filing : 26.12.1990

(72)Inventor : OKAZAKI NOBUO
MANABE KATSUhide
AKASAKI ISAMU
AMANO HIROSHI

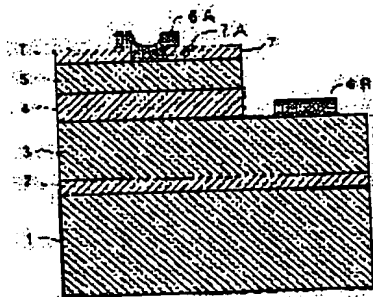
(54) GALLIUM NITRIDE GROUP COMPOUND SEMICONDUCTOR LASER DIODE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a blue laser.

PURPOSE: To obtain a blue laser.

CONSTITUTION: A gallium nitride group compound semiconductor laser diode having, at least, one p-n junction where a p-layer 5 consisting of a gallium nitride group compound semiconductor showing the n-type conductivity $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}N:0 \cdot x \cdot 1, 0 \cdot y \cdot 1$ and a p-type layer 5 consisting of a gallium nitride group compound semiconductor showing the p-type conductivity $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}N:0 \cdot x' \cdot 1, 0 \cdot y' \cdot 1$ ($x=x'$ or $x \neq x'$, $y=y'$ or $y \neq y'$) are joined. Since it is succeeded to generate a gallium nitride group compound semiconductor showing the p-type conductivity, it is made possible to realize a p-n junction type semiconductor laser of homojunction and heterojunction.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-242985

(43) 公開日 平成4年(1992)8月31日

(51) Int.Cl.⁴

H 0 1 S 3/18

// H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

9170-4M

C 8934-4M

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平2-414843

(22) 出願日 平成2年(1990)12月26日

(71) 出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

(71) 出願人 591014949

赤崎 勇

愛知県名古屋市中区浄心1丁目1番38-805

(71) 出願人 591014950

天野 浩

愛知県名古屋市中区神丘町2丁目21 紅ヶ丘東団地25号棟505号室

(74) 代理人 弁理士 藤谷 修

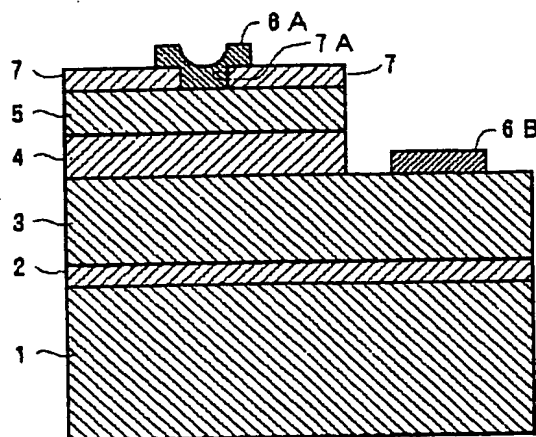
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体レーザダイオード

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 青色のレーザを得ること。

【構成】 n型導電性を示す窒化ガリウム系化合物半導体 $(\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x)_2\text{In}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$) から成る n 層 3 と、p型導電性を示す窒化ガリウム系化合物半導体 $(\text{Al}_{1-x'}\text{Ga}_{x'})_2\text{In}_{1-y'}\text{N}$ ($0 \leq x' \leq 1, 0 \leq y' \leq 1$) ($x \neq x'$ または $y \neq y'$) から成る p 層 5 とが接合された少なくとも1つの p n 接合を有する窒化ガリウム系化合物半導体レーザダイオード。p型導電性を示す窒化ガリウム系化合物半導体の生成に成功したので、ホモ接合、ヘテロ接合の p n 接合型の半導体レーザが実現できた。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型導電性を示す窒化ガリウム系化合物半導体 $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_y\text{N}$: $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ から成るn層と、p型導電性を示す窒化ガリウム系化合物半導体 $(\text{Al Ga}_{1-x'})\text{In}_{y'}\text{N}$: $0 \leq x' \leq 1, 0 \leq y' \leq 1$ ($x=x'$ または $x \neq x', y=y'$ または $y \neq y'$) から成るp層とが接合された少なくとも1つのpn接合を有する窒化ガリウム系化合物半導体レーザダイオード。

【請求項2】 前記n層及び前記p層は、禁制帯幅が同一な窒化ガリウム系化合物半導体 $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_y\text{N}$: $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ 及び窒化ガリウム系化合物半導体 $(\text{Al Ga}_{1-x'})\text{In}_{y'}\text{N}$: $0 \leq x' \leq 1, 0 \leq y' \leq 1$ ($x=x'$ または $x \neq x', y=y'$ または $y \neq y'$) で構成されていることを特徴とする特許請求の範囲請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体レーザダイオード。

【請求項3】 前記pn接合は、禁制帯幅の比較的大きい窒化ガリウム系化合物半導体 $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_y\text{N}$: $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ から成る層と、禁制帯幅の比較的小さい窒化ガリウム系化合物半導体 $(\text{Al Ga}_{1-x'})\text{In}_{y'}\text{N}$: $0 \leq x' \leq 1, 0 \leq y' \leq 1$ 但し $x'=y'=1$ は含まない、 $x \neq x'$ 及び/又は $y \neq y'$ から成る層との接合により構成されたことを特徴とする特許請求の範囲請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体レーザダイオード。

【請求項4】 禁制帯幅の比較的小さい窒化ガリウム系化合物半導体 $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_y\text{N}$: $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ 但し $x'=y'=1$ は含まない から成る層を、相互に禁制帯幅及び屈折率が同一又は異なり、前記層に対して禁制帯幅の比較的大きい窒化ガリウム系化合物半導体 $(\text{Al Ga}_{1-x'})\text{In}_{y'}\text{N}$: $0 \leq x' \leq 1, 0 \leq y' \leq 1$, $x \neq x'$ 及び/又は $y \neq y'$ から成るp型導電性を示す層とn型導電性を示す層との2つの層で、両側から挟んだ構造の接合を有する窒化ガリウム系化合物半導体レーザダイオード。

【請求項5】 相互に禁制帯幅の異なる、窒化ガリウム系化合物半導体 $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_y\text{N}$: $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ から成る層と窒化ガリウム系化合物半導体 $(\text{Al Ga}_{1-x'})\text{In}_{y'}\text{N}$: $0 \leq x' \leq 1, 0 \leq y' \leq 1$, $x \neq x'$ 及び/又は $y \neq y'$ から成る層) から成る層とを2つ以上積層した窒化ガリウム系化合物半導体レーザダイオード。

【請求項6】 アクセプタ不純物をドーピングした窒化ガリウム系化合物半導体 $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_y\text{N}$: $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ から成る層に電子線を照射してp型化した層を有する窒化ガリウム系化合物半導体レーザダイオード。

【請求項7】 前記p型化された窒化ガリウム系化合物半導体 $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_y\text{N}$: $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ から成る層と電極用金属との接触部分の形状は短冊状であることを特徴とする特許請求の範囲請求項6に記載の窒化ガリウム系化合物半導体レーザダイオード。

【請求項8】 サファイア、Si、6H-SiC又はGaN から成る基板を有することを特徴とする特許請求の範囲請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体レーザダイオード

2

ド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、可視単波長、特に、青色領域から紫色領域まで、及び紫外光領域で発光可能な半導体レーザダイオードに関する。

【0002】 本発明の半導体レーザダイオードは、本発明者らにより初めて明らかにされた電子線照射処理による $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_y\text{N}$: $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ 層のp型化技術を基盤として、新たに開発された技術を加えて、初めて、 $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_y\text{N}$: $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ 半導体レーザダイオードの製作が可能となったものである。

【0003】

【従来技術】 現在、実用化されている最短波長の電流注入型半導体レーザダイオードは、リン化インジウムガリウムアルミニウム (InGaAlP) 系結晶により作製されている。その発振波長は可視長波長領域、即ち、赤色領域である $0.6 \sim 0.7 \mu\text{m}$ 帯に属する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、更に、短波長である青色、紫色領域或いは紫外光領域での発光が可能な半導体レーザを実現するのは、この材料では物性上困難である。より広い禁制帯幅を持つ半導体材料を用いる必要がある。 $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_y\text{N}$ はその候補の一つである。

【0005】 $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_y\text{N}$ 、特に、GaN は室温 (300K) で光励起により誘導放出することが確認されている (H. Amano 等; Japanese Journal of Applied Physics 第29巻1990年 L205-L206頁)。このことから、上記半導体でレーザダイオードが構成できる可能性がある。

【0006】 しかしながら、上記系統の化合物半導体はp型単結晶薄膜の作製が困難であるため、現在に到るまで $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_y\text{N}$ を用いた電流注入による半導体レーザダイオードは実現していない。

【0007】 本発明は、上記の課題を解決するために成されたものであり、その目的とするところは、短波長である青色、紫色領域或いは紫外光領域におけるレーザを得ることである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本第1発明は、n型伝導性を示す窒化ガリウム系化合物半導体 $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_y\text{N}$: $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ から成るn層と、p型伝導性を示す窒化ガリウム系化合物半導体 $(\text{Al Ga}_{1-x'})\text{In}_{y'}\text{N}$: $0 \leq x' \leq 1, 0 \leq y' \leq 1$ ($x=x'$ または $x \neq x', y=y'$ または $y \neq y'$) から成るp層とが接合された少なくとも1つのpn接合を設けたことを特徴としている。

【0009】 第2発明は、n層及びp層を、禁制帯幅が同一な窒化ガリウム系化合物半導体で構成したことを特徴としている。

【0010】 第3発明は、pn接合を、禁制帯幅の比較

3

的大きい窒化ガリウム系化合物半導体から成る層と、禁制帯幅の比較的小さい窒化ガリウム系化合物半導体から成る層との接合により構成したことを特徴としている。

【0011】第4発明は、禁制帯幅の比較的小さい層を、相互に禁制帯幅及び混晶組成が同一又は異なり、その層に対して禁制帯幅の比較的大きい層で挟んだ構造を有することを特徴とする。

【0012】第5発明は、禁制帯幅の異なる層を2つ以上積層した構造であることを特徴とする。

【0013】第6発明は、アクセプタ不純物をドーブした窒化ガリウム系化合物半導体から成る層に電子線を照射してp型化させた層を有することを特徴とする。

【0014】第7発明は、p型化された窒化ガリウム系化合物半導体から成る層とその層に対する電極用金属との接触部分の形状を短冊状としたことを特徴とする。

【0015】第8発明は、基板に、サファイア、Si、6H-SiC又はGa₂Nを用いることを特徴としている。

【0016】

【作用及び効果】 $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_x\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$) 半導体において、本発明者等により、初めてp型電導性を示す層の製作が可能となった。これにより、上記の窒化ガリウム系化合物半導体で構成されたキャリア注入型のレーザダイオードの製作及びその発振が可能となった。

【0017】本発明のように電子線照射処理による $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_x\text{N}$ のp型化効果と、構造を工夫することにより、青色から紫色及び紫外光領域の発振波長を持つ半導体レーザダイオードが実現された。

【0018】

【発明の概要】上記発明において、窒化アルミニウムガリウムインジウム $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_x\text{N}$ 単結晶作製用基板には、サファイア、珪素(Si)、6H-炭化珪素(6H-SiC)ないし窒化ガリウム(GaN)を用いることができる。

【0019】サファイアを基板とする場合には少なくとも低温(例えば約600℃)で堆積したAlN薄膜を含む層を緩衝層とするのが望ましい。

【0020】Siを基板とする場合には少なくとも3C-SiC薄膜一層か或いは3C-SiC薄膜及びAlN薄膜の二層を含む層を緩衝層とするのが望ましい。

【0021】6H-SiCを基板とする場合には直接ないしGa₂Nを緩衝層とするのが望ましい。Ga₂Nを基板とする場合には直接単結晶作製が行なわれる。Si、6H-SiC及びGaNを基板とする場合にはn型単結晶が用いられる。

【0022】まず、同一組成同士の結晶によるpn接合構造を作製する場合につき述べる。サファイアを基板とする場合、 $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_x\text{N}$ を成長させる直前に、基板温度を所望の値(例えば600℃)に設定し、成長炉内に少なくともアルミニウム(Al)を含む化合物及び窒素の水酸化物を導入し、サファイア基板表面にAlN薄膜緩衝層を形成する。

4

【0023】その後、Alを含む化合物の導入を止め、基板温度の再設定を行う。そして、所望の混晶組成となるようにAlを含む化合物、ガリウム(Ga)を含む化合物及びインジウム(In)を含む化合物を導入してn型 $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_x\text{N}$ 単結晶の成長を行う。

【0024】なお、この場合n型単結晶の抵抗率を下げるためにSi、酸素(O)、硫黄(S)、セレン(Se)、テルル(Te)などドナー不純物となる元素を含む化合物を同時に導入しても良い。

【0025】ドナー不純物をドーピングする場合、その濃度に関してはn層に均一にドーピングしても良い。又、n層のオーム性電極形成を容易にするためにn層成長初期に高濃度にドーピングし、pn接合付近ではドーピングしないか或いは低濃度にドーピングしても良い。

【0026】次に、一度、ウエハを成長炉から取り出し、試料表面の一部を選択成長用マスクとなる物質、例えば酸化珪素(SiO₂)により覆い、再びウエハを成長炉に戻す。又は、ウエハを取り出さずそのまま成長を続ける。

【0027】少なくとも所望の混晶組成となるようなAlを含む化合物、Gaを含む化合物、Inを含む化合物及び窒素の水酸化物及びアクセプタ不純物となる元素、例えばベリリウム(Be)、マグネシウム(Mg)、亜鉛(Zn)、カドミウム(Cd)、炭素(C)を含む化合物を成長炉に導入してアクセプタ不純物をドーブした $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_x\text{N}$ 単結晶(p層)の成長を行う。

【0028】アクセプタドーブ層の成長膜厚は電子線照射処理する場合の電子線侵入長を考慮して決定する。

次にウエハを成長炉から取り出し、アクセプタドーブ $(\text{Al Ga}_{1-x})\text{In}_x\text{N}$ 層の電子線照射処理を行う。

【0029】電子線照射処理する領域は試料表面全体或いは一部、例えば短冊状とする。試料表面全体に電子線を照射する場合には、更に、アクセプタドーブ層(p層)の上に絶縁層を堆積し、その絶縁層の一部に短冊状の窓を開け、その窓の上に金属を接触させ、p層に対するオーム性電極を形成する。短冊状に電子線照射処理する場合には、電子線の照射された領域の一部或いは全部を覆うように金属を接触させ、p層に対するオーム性電極を形成する。

【0030】最終的に、p層と金属の接触する部分の形状は短冊である。n層の電極は選択成長用マスクを取り外して、その後に形成するか、或いはアクセプタドーブ層(p層)の一部を表面側からエッチングして下層のn層に対して窓を開け、金属を接触させオーム性電極を形成する。

【0031】n型のSi、6H-SiC或いはGaNを基板として用いる場合もほぼ同様の手段により素子作製を行う。しかし、選択成長技術は用いず、p層とn層に対する電極は素子の上下の両側に形成する。即ち、n層電極は基板裏面全体に金属を接触させオーム性電極を形成する。

【0032】以上が同一組成の結晶によるpn接合構造の半導体レーザダイオードを作製する場合の基本的方法である。異種結晶組成の結晶の接合、いわゆるヘテロ接合を利用した素子を作製する場合にも、pn接合を形成するという点では上記同一結晶組成の結晶の接合を利用する場合と同様である。

【0033】単一のヘテロ接合を形成する場合、同一結晶組成の結晶によるpn接合に加え、更にn層側に禁制帯幅が大きいn型の結晶を接合して少数キャリアである正孔の拡散阻止層とする。

【0034】(AlGa_{1-x})In_{1-y}N系単結晶の禁制帯幅付近の発光はn層で特に強いので、活性層はn型結晶を用いる必要がある。(AlGa_{1-x})In_{1-y}N系単結晶のバンド構造は(AlGa_{1-x})In_{1-y}As系単結晶や(AlGa_{1-x})In_{1-y}P系単結晶と似ており、バンド不連続の割合は価電子帯よりも伝導帯の方が大きいと考えられる。しかし、(AlGa_{1-x})In_{1-y}N系単結晶では正孔の有効質量が比較的大きいためn型同士のヘテロ接合は正孔拡散阻止として有効に作用する。

【0035】二つのヘテロ接合を形成する場合、禁制帯幅の比較的小さいn型の結晶の両側に各々禁制帯幅の大きいn型及びp型の結晶を接合し禁制帯幅の小さいn型の結晶を挟む構造とする。

【0036】多数のヘテロ接合を形成する場合、n型の比較的小さい禁制帯幅の大きい薄膜結晶と比較的小さい禁制帯幅の小さい薄膜結晶を複数接合し、その両側にそれぞれ更に禁制帯幅の大きいn型及びp型の結晶を接合し、多数のヘテロ接合を挟む。

【0037】(AlGa_{1-x})In_{1-y}N系単結晶の禁制帯幅付近での光の屈折率は禁制帯幅が小さい程大きいため、他の(AlGa_{1-x})In_{1-y}As系単結晶や(AlGa_{1-x})In_{1-y}P系単結晶による半導体レーザダイオードと同様、禁制帯幅の大きい結晶で挟むヘテロ構造は光の閉じ込めにも効果がある。

【0038】ヘテロ接合を利用する場合も、同一組成の結晶によるpn接合の場合と同様に、オーム性電極組成を容易にするため電極と接触する部分付近のキャリア濃度は高濃度にしても良い。

【0039】n型結晶のキャリア濃度はドナー不純物のドーピング濃度により、またp型結晶のキャリア濃度はアクセプタ不純物のドーピング濃度及び電子線照射処理条件により制御する。又、特にオーム性電極形成を容易にするため高キャリア濃度実現が容易な結晶を金属との接触用に更に接合してもよい。

【0040】

【実施例】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。(AlGa_{1-x})In_{1-y}N:0≤x≤1,0≤y≤1半導体レーザダイオード用単結晶の作製には模型有機金属化合物気相成長装置を用いた。以下基板としてサファイア、Si、6H-SiC及びGaNを用いた場合各々について成長手順

を示す。

【0041】(1)サファイア基板の場合

図1は、サファイア基板を用いた半導体レーザダイオードの構造を示した断面図である。図1において、(0001)面を結晶成長面とするサファイア基板1を有機洗浄の後、結晶成長装置の結晶成長部に設置する。成長炉を真空排気の後、水素を供給し1200℃程度まで昇温する。これによりサファイア基板1の表面に付着していた炭化水素系ガスがある程度取り除かれる。

【0042】次に、サファイア基板1の温度を800℃程度まで降温し、トリメチルアルミニウム(TMA)及びアンモニア(NH₃)を供給して、サファイア基板1上に50nm程度の膜厚を持つAlN層2を形成する。次に、TMAの供給のみを止め、基板温度を1040℃まで上げ、TMA、トリメチルガリウム(TMg)及びシラン(SiH₄)を供給しSiドープn型GaAlN層3(n層)を成長する。

【0043】一旦、ウェハを成長炉から取り出し、GaAlN層3の表面の一部をSiO₂でマスクした後、再び成長炉に戻して真空排気して水素及びNH₃を供給し1040℃まで昇温する。次に、TMgを供給して、SiO₂でマスクされていない部分に厚さ0.5μmのGaN層4を成長させる。次に、TMA及びビスシクロペンタジエニルマグネシウム(Cp₂Mg)を更に供給してドープGaAlN層5(p層)を0.5μm成長する。

【0044】次に、マスクとして使用したSiO₂を弗酸系エッチャントにより除去する。次に、ドープGaAlN層5(p層)上にSiO₂層7を堆積した後、縦1mm、横50μmの短冊状に窓7Aを開け、真空チャンバに移して、ドープGaAlN層5(p層)に電子線照射処理を行う。典型的な電子線照射処理条件を表に示す。

【表1】

電子線加速電圧	15KV
エミッション電流	120μA以上
電子線スポット径	60μmφ
試料温度	297K

【0045】次に、ドープGaAlN層5(p層)の窓8の部分と、Siドープn型GaAlN層3(n層)に、それぞれ、金属電極を形成する。結晶成長は以上である。上記の構造は、特許請求の範囲請求項4に記載の発明に対応する。

【0046】(2)Si基板の場合

Si基板上に作成したレーザダイオードの構造を図2に示す。低抵抗n型Siの(111)面基板8を有機洗浄の後、弗酸系エッチャントにより表面の酸化物を取り除き結晶成長部に設置する。成長炉を真空排気の後水素を導入し基

板を1000℃まで昇温して、基板8の表面を洗浄し、更に、プロパン(C_3H_8)又はアセチレン(C_2H_2)を供給する。これにより表面に3C-SiC薄膜9が形成される。

【0047】この後、成長炉内を一旦真空排気して余分なガスを取り除く。次に成長炉に水素を供給し基板温度を600℃にし、TMA及び SiH_4 を供給してAlN薄膜10を3C-SiC薄膜9上に形成する。次に、TMAの供給のみを止め基板温度を1040℃にして、TMG、TMA及び SiH_4 を供給してn型GaAlN層11(n層)を成長する。

【0048】次に、TMA及び SiH_4 のみの供給を止めGaN層12を0.5 μ m成長し、再びTMA及び PCl_3 、Mgを加えMgドープGaAlN層13(p層)を0.5 μ m成長する。次に、MgドープGaAlN層13(p層)上に SiO_2 層15を堆積した後、縦1mm、横50 μ mの短冊状に窓15Aを開け、真空チャンバに移して、MgドープGaAlN層13(p層)に電子線を照射する。電子線の照射条件は前実施例と同様である。その後、 SiO_2 層15側からMgドープGaAlN層13(p層)に対する電極14Aを形成し、他方、基板8の裏面にn型GaAlN層11(n層)に対する電極14Bを形成した。

【0049】(3)6H-SiC基板の場合

6H-SiC基板上に作成したレーザダイオードを図3に示す。低抵抗n型6H-SiCの(0001)面基板16を有機洗浄の後、王水系エッチャントによりエッチングの後、結晶成長部に設置する。成長炉を真空排気の後、水素を供給し、1200℃まで昇温する。次に、成長炉に水素を供給し基板温度を1040℃にして、TMG、 SiH_4 及び SiH_3Cl を供給してn型Ga_{0.5}N_{0.5}緩衝層17を0.5~1 μ m程度成長する。次に、TMAを加え、n型Ga_{0.5}N_{0.5}緩衝層17の上にn型GaAlN層18(n層)を成長する。

【0050】次に、n型GaAlN層18の上に、前記のSi基板を用いたレーザダイオードと同一構造に、同一ガスを用いて、同一成長条件で、それぞれ、Ga_{0.5}N_{0.5}層19を0.5 μ m、MgドープGaAlN層20(p層)を0.5 μ mの厚さに形成した。次に、MgドープGaAlN層20上に SiO_2 層22を堆積した後、縦1mm、横50 μ mの短冊状に窓22Aを開け、真空チャンバに移して、MgドープGaAlN層20(p層)に電子線を照射した。電子線の照射条件は前実施例と同様である。

【0051】その後、 SiO_2 層22側からMgドープGaAlN層20(p層)に対する電極21Aを形成し、他方、基板16の裏面にn型GaAlN層18(n層)に対する電極21Bを形成した。

【0052】(4)Ga_{0.5}N_{0.5}基板の場合

Ga_{0.5}N_{0.5}基板上に作成したレーザダイオードを図4に示す。低抵抗n型Ga_{0.5}N_{0.5}の(0001)面基板23を有機洗浄の後、リ

ン酸+硫酸系エッチャントによりエッチングの後、この基板23を結晶成長部に設置する。次に、成長炉を真空排気の後、水素及び SiH_4 を供給し、基板温度を1040℃にして、5分間放置する。次に、TMG及び SiH_4 を更に加えてn型Ga_{0.5}N_{0.5}緩衝層24を0.5~1 μ mの厚さに形成した。

【0053】次に、TMAを加え、n型GaAlN層25を成長させた。次に、n型GaAlN層25の上に、前記のSi基板を用いたレーザダイオードと同一構造に、同一ガスを用いて、同一成長条件で、それぞれ、Ga_{0.5}N_{0.5}層26を0.5 μ m、MgドープGaAlN層27(p層)を0.5 μ mの厚さに形成した。次に、MgドープGaAlN層27上に SiO_2 層29を堆積した後、縦1mm、横50 μ mの短冊状に窓29Aを開け、真空チャンバに移して、MgドープGaAlN層27(p層)に電子線を照射した。電子線の照射条件は前実施例と同様である。

【0054】その後、 SiO_2 層29側からMgドープGaAlN層27(p層)に対する電極28Aを形成し、他方、基板23の裏面にn型GaAlN層25(n層)に対する電極28Bを形成した。

【0055】上記のいずれの構造のレーザダイオードも、室温においてレーザ発振した。

【図面の簡単な説明】

【図1】サファイア基板上に作製した本発明の具体的な一実施例に係る((Al_{0.5}Ga_{0.5})In_{0.5}N:0 \leq x \leq 1,0 \leq y \leq 1)系半導体レーザダイオードの構成を示した断面図。

【図2】Si基板上に作製した本発明の具体的な一実施例に係る((Al_{0.5}Ga_{0.5})In_{0.5}N:0 \leq x \leq 1,0 \leq y \leq 1)系半導体レーザダイオードの構成を示した断面図。

【図3】6H-SiC基板上に作製した本発明の具体的な一実施例に係る((Al_{0.5}Ga_{0.5})In_{0.5}N:0 \leq x \leq 1,0 \leq y \leq 1)系半導体レーザダイオードの構成を示した断面図。

【図4】Ga_{0.5}N_{0.5}基板上に作製した本発明の具体的な一実施例に係る((Al_{0.5}Ga_{0.5})In_{0.5}N:0 \leq x \leq 1,0 \leq y \leq 1)系半導体レーザダイオードの構成を示した断面図。

【符号の説明】

1—サファイアの(0001)面基板

2, 9, 17—AlN 緩衝層

3, 11, 18, 25—n型AlGa_{0.5}N_{0.5}層(n層)

4, 12, 19, 26—Ga_{0.5}N_{0.5}層

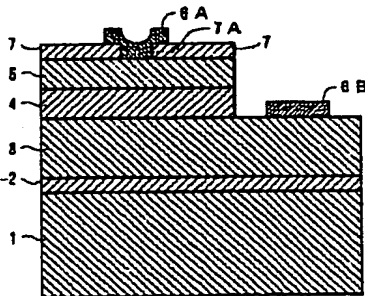
5, 13, 20, 27—MgドープAlGa_{0.5}N_{0.5}層(p層)

7, 15, 22, 29— SiO_2 層

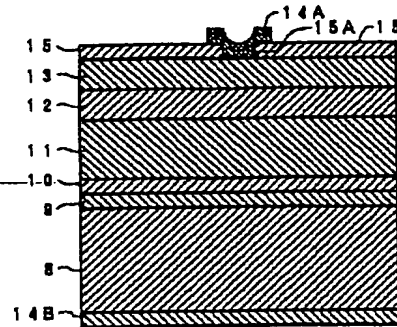
6A, 14A, 21A, 28A—電極(MgドープAlGa_{0.5}N_{0.5}層(p層)に対する)

6B, 14B, 21B, 28B—電極(n型AlGa_{0.5}N_{0.5}層(n層)に対する)

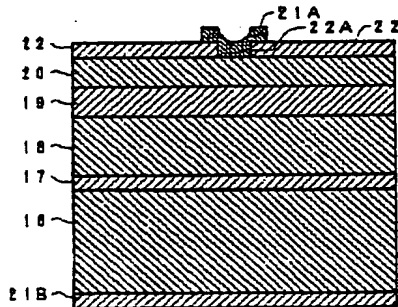
【図1】



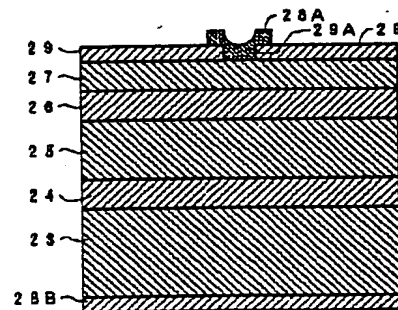
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 岡崎 伸夫
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内
(72)発明者 真部 勝英
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 赤崎 勇
愛知県名古屋市西区浄心1丁目1番38-
805
(72)発明者 天野 浩
愛知県名古屋市名東区神丘町二丁目21 虹
ヶ丘東団地25号楼505号室

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.